

ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ И НЕФТЕНОСНОСТЬ ВОЛГО-КАМСКОГО РЕГИОНА

Г.Е. Кузнецов, А.С. Якимов, М.Я. Боровский, М.Г. Кузнецова
(ЦНИИГеолнеруд, ОАО "РИТЭК", РГГП "Татарстангеология", КГУ)

Генезис углеводородов многие исследователи [3, 5, 6, 10, 12] связывают с геодинамикой и эндогенными процессами, происходящими на больших глубинах (в земной коре и верхней мантии). Поэтому изучение строения комплексов пород земной коры актуально при поисках глубинных коллекторов.

Изучение глубоких горизонтов коры по материалам комплексных геолого-геофизических работ, на основе которых формируются представления о структуре подошвы земной коры (границы Мохоровичича, раздела М); рельефе нижнекоровой (K_2 , условной поверхности гранулит-базитового мегаслоя, преломляющей границы); верхнекоровой (K_1 , условной поверхности диоритового или инверсионного мегаслоя, корового волновода) границ и фундамента (отражающей границы А, условной поверхности гранитно-метаморфического мегаслоя), представляет практический интерес. Слои коры как автономные динамические системы зависят друг от друга, причем существует механизм передачи возбуждений одной системы к другой, вышележащей. При этом каждый слой отличается по реологическим свойствам от остальных [12, 16]. Они способны латерально перемещаться относительно смежных, что определяет их взаимоотношение и составляет основу геодинамических построений по принципу всеобщей относительной подвижности. Наряду с вертикальной и горизонтальной гетерогенностью коры, в которой прослеживаются структурно-вещественные границы, многие авторы выделяют также контакты и поверхности, отражающие нарастание $P-T$ условий и усиление геодинамической активности [9, 14, 15].

Перемещение внутрилитосферных мантийных и коровых мегаслоев (пластин) по разделу М обуславливает образование неоднородностей вблизи поверхности Мохоровичича, нередко в виде магматических. В мантийных неоднородностях проявляется базальтоидный магматизм, в коровых — гранитоидный. Поэтому строение, состав и развитие земной коры, магматическая деятельность по окраинам и внутри плит и связанные с ней процессы глубинной дегазации определяются дифференцированными движениями литосферных плит и внутрилитосферными мегаслоями (пластинами).

Поверхность Мохоровичича (граница М) является поверхностью относительного проскальзывания верхней оболочки по нижней. Подошва коры практически повсеместно интенсивно тектонизирована. Различия в строении подошвы коры часто определяется стадиями развития регионов. Поэтому анализ ее морфоструктуры, изменения скоростных и плотностных характеристик необходим при изучении регионов.

Важным параметром является также толщина консолидированной коры, которая оценивается от поверхности архей-протерозойских пород до сейсмического раздела М. Вариации толщины кристаллической коры отражают соотношение поверхностных и глубинных структур. Современные тектонические движения и их линейные градиентные зоны фиксируются в изменении толщины консолидированной коры. Ее увеличение отмечается в орогенных структурах и отражает изостатическое состояние. Изометрические формы коры характерны для слабоактивных тектонических областей.

Процессы глубинной дегазации, связанные с зонами деструкции и разуплотнения коры и мантии, и химический состав ее продуктов зависят от геодинамических обстановок литосферных блоков, тектонических структур и их сейсмической и неотектонической активности. Наибольший интерес при оценке нефтегазоносности регионов представляют флюиды магматогенного происхождения и наличие в составе продуктов глубинной дегазации водорода и углеводородов. Термодинамические расчеты [8] свидетельствуют "...о нахождении во флюидно-газовой фазе верхней мантии огромного количества водорода и углеводородов", восходящая миграция которых отмечается в зонах мантийных разломов. Поэтому в осадочных бассейнах, приуроченных к глубокопогруженным литосферным блокам (рифтам, авлакогенам) и их сейсмоактивным краям, сосредоточено около 80 % ресурсов нефти и газа.

В результате интерпретации аномалий геофизических (гравитационных и магнитных) полей в сопоставлении с материалами ГСЗ установлено, что основные горизонты земной коры Волго-Камского региона располагаются на глубинах 1,5...5,0; 7...14; 16...25 и 34...43 км, соответствующих кровле верхнего, среднего, нижнего мегаслоев и подошве коры. В этих мегаслоях выделяются также две-три (из-за различных давлений и температур) промежуточные границы, отвечающие уровням дифференциации вещественного состава пород и/или фазовых их превращений.

Поверхность Мохоровичича располагается на глубинах 34,0...43,5 км: она наиболее погружена (до 40,0...43,5 км) в пределах Южно-Татарского свода и приподнята (до 35...38 км) на Северо-Татарском своде, в Мелекесской впадине, Казанско-Кажимском прогибе и Камско-Бельском авлакогене (34...36 км — Актаныш-Сарапульская зона). К последним приурочено уменьшение до 30...36 км толщины консолидированной коры. На Южно-Татарском своде и во впадинах раздела М ее толщина увеличена до 40,0...41,5 км.

Близость сейсмических скоростей в низах коры и верхней мантии, отмечаемая в центральных районах Татарстана, свидетельствует о сопряженности геодинамических обстановок, обусловленных, возможно, взаимосвязью флюидо-динамических полей при развитии трансформных каналов. Локальные отражающие площадки и участки с низкими скоростями свидетельствуют о существовании этих сквозных каналов и возможной газофлюидной и динамической связи коровых горизонтов с мантийными, которые прослеживаются под Ромашкинским нефтяным месторождением [7].

Для впадин подошвы коры Южно-Татарского свода свойственны повышенные значения теплового потока, а для Альметьевского выступа — пониженные (Яковлев Б.А., 1987). Изостатически нескомпенсированному Альметьевскому мантийному блоку (ширина около 14 км) соответствует современное опускание [2]. Возможно, с этим явлением, наряду с техногенными факторами, связаны местные землетрясения, регистрируемые с 1986 г. сейсмостанциями, установленными в районе Альметьевска.

С кровлей нижнего, гранулит-базитового, мегаслоя (нижнекоровой границы K_2) отождествляется преломляющий горизонт с граничной скоростью 7,1...7,2 км/с. К этой физической поверхности приурочены изменения плотностных, магнитных и упругих свойств среды. Нижний мегаслой характеризуется высокими (от 6,8 до 7,0 км/с и более) значениями скорости продольных волн с возрастанием вниз по разрезу [4]. Поверхность гранулит-базитового мегаслоя отвечает древним раннедокембрийским и более молодым этапам развития коры; ее морфология является информативной для суждения об особенностях тектонических режимов отдельных геоблоков.

Нижнекоровая граница K_2 располагается на глубинах 16...25 км и погружается до 20...25 км в Камско-Бельском авлакогене и до 24...25 км на Альметьевском выступе Южно-Татарского свода, где толщина нижнего мегаслоя сокращается до 14...20 км. Ее поверхность заметно воздымается (до 15...17 км) в Прикамской системе разломов и до 14...17 км в Кукморско-Селты-Глазовской и Кировочепецко-Белохолуницкой зонах с увеличением толщины гранулит-базитового слоя до 20...22 км.

Отмечается определенная взаимосвязь между рельефом и толщиной гранулит-базитового мегаслоя — увеличение толщины соответствует зонам приподнятого его залегания и наоборот. Структура и морфология нижнего мегаслоя неоднократно изменялись в процессе тектогенеза, что свидетельствует о направленности эволюции земной коры, определявшей унаследованность формирования крупных структур региона.

Верхнекоровая граница K_1 (кровля промежуточного мегаслоя) располагается на глубинах 7...14 км, она погружается в северо-западном направлении до 9...14 км на Северо-Татарском своде, до 11...14 км в Яранской, Воткинской, Глазовской и до 13...15 км в Верхнекамской зонах, где толщина мегаслоя сокраща-

ется до 5...9 км. Граница K_1 воздымается (до 7...8 км) в области Прикамского разлома с образованием Камско-Полянского поднятия, которому отвечает градиентное увеличение толщины (с 4...7 до 10...14 км) среднего мегаслоя в юго-восточном направлении. Приподнятое залегание границы K_1 (до 7...9 км) отмечается также в Уржумской, Увинской, Кильмезской, Дебесской и Юкаменской зонах, в пределах которых толщина инверсионного мегаслоя увеличивается до 11...14 км.

С поверхностью кристаллической коры некоторые исследователи отождествляют границу Муратова, характеризующуюся скоростью распространения продольных упругих волн от 5,8 до 6,3 км/с [4]. К кровле приурочена сейсмическая граница обмена А, выделяемая по сейсмическим материалам МОВЗ, и преломляющий горизонт с $V_r=6,7...7,2$ км/с.

Поверхность кристаллического основания (граница А) отличается в целом слабой расчлененностью и располагается на глубине 1,6...1,8 км, погружается до 3...5 км в Камско-Бельском авлакогене. На Северо- и Южно-Татарском сводах фундамент находится на глубине 1,5...1,65 км и погружается до 1,75...1,95 км в Мелекесской впадине и Казанско-Кажимском прогибе. Толщина верхнего мегаслоя варьирует от 1...6 км в пределах выступов до 9...11 км во впадинах среднего мегаслоя. Это свидетельствует об интенсивных тектонических, метаморфических и эрозионных процессах, сnivelировавших поверхность коры в геологическом прошлом.

По геолого-геофизическим данным, более нарушена и расслоена докембрийская толща на Южно- и Северо-Татарском сводах и их склонах, где горизонты срыва и примыкающие к ним литрические разрывы выделяются практически в диапазоне глубин 12...14 км. В меньшей степени верхняя толща коры расслоена в Камско-Бельском авлакогене и в некоторых районах Мелекесской впадины [5].

Граница А между осадочной толщей и подстилающей консолидированной корой является поверхностью срыва и скольжения верхней оболочки по нижней. Взаимодействие осадочной толщи и фундамента, а также степень активности протекающих между ними процессов более значительны на ранних стадиях в связи с высоким тепловым потоком, что обусловило деформированность и низкоградиентный метаморфизм древних, архейских, образований [16]. Поэтому в верхнем слое коры в наибольшей степени проявляются тектонические процессы в эволюции твердой оболочки Земли, обусловившие поверхностную тектоническую структуру и условия локализации месторождений полезных ископаемых. Изменение толщины верхнего слоя коры в Западной Сибири служит прогнозируемым признаком перспектив нефтегазоносности.

Интервалы разреза с сильными отражающими границами характеризуются, по данным ВСП, понижением скорости распространения упругих волн относительно выше- и нижележащих толщ и представляют собой волноводы. По результатам ВСП в

скв. 20009—Ново-Елховской (Татарстан) и расчетам вертикальных спектров $V_{от}$ в различных тектонических условиях, отмечается инверсия средней скорости. Зоны инверсии выявлены региональными работами на восточном склоне Токмовского свода, в Казанско-Кажимском прогибе, где на временных разрезах установлена интенсивная расслоенность фундамента [14].

По материалам ВСП, в толще фундамента выделяются отраженные волны в интервалах интенсивной динамической переработки пород, отличающихся по акустическим свойствам и являющихся зонами разуплотнения (Кристаллический фундамент..., 1996; Трофимов и др., 1988). Интенсивные отраженные волны в фундаменте связаны с разуплотненными трещиноватыми зонами, из которых получены интенсивные притоки пластового флюида. Слабые отражения отмечаются в зонах понижения акустической жесткости (слабые зоны коллекторов) и в зонах ее повышения (магнетитсодержащие пласты).

Инверсионный (промежуточный) мегаслой является особым элементом благодаря повышенной горизонтальной расслоенности, наличию горизонтов с пониженной скоростью распространения упругих волн, слабой вертикально-слоистой неоднородностью и большей пластичностью. Его образование связывается с понижением температуры (ниже 500 °С) и поступлением воды из мантии Земли [17].

Промежуточный мегаслой отделяется от гранито-метаморфического отражающей и обменной границами. В платформенных районах нижние кромки магнитных масс и плотностных неоднородностей располагаются преимущественно на глубинах до 10...15 км, соответствующих кровле мегаслоя. Волноводы в коре на небольших глубинах, рассматриваемые как зоны разуплотнения среды, приурочены в основном к инверсионному мегаслою. Наличие волноводов в промежуточном мегаслое связано с латеральным повышением трещиноватости пород и насыщенностью ее флюидами, т. е. с существованием глубинных систем [4, 5].

В средней части коры Татарстана по профилю "Гранит" наблюдается область пониженных скоростей (астенолинза), от которой вверх по разрезу изолинии продольных скоростей куполообразно выгибаются к кристаллическому основанию. Эта зона литрически выполаживается в подошве коры и смыкается с астенолинзой в районе Ромашкинского месторождения, где фиксируется интенсивная и глубоко проникающая зона тектонической нарушенности коры, прослеживаемая в виде области "высокой плотности отражающих площадок" глубже ее подошвы.

В вязкопластичном промежуточном мегаслое, способном к течению, происходит нагнетание материала, что при наличии упоров или столкновении крупных блоков коры приводит к отслаиванию среднего мегаслоя от нижнего и верхнего. Этот процесс обуславливает торошение верхнекоровых пластин и их вспучивание под напором нагнетаемого снизу материала промежуточного мегаслоя. Горизон-

тальные перемещения и столкновение крупных блоков способствуют разогреву коры, что приводит к образованию астенолинз в промежуточном мегаслое, региональному метаморфизму с гранитообразованием и ростом гранитогнейсовых куполов, а также к инверсии плотности и скорости упругих волн.

К кровле инверсионного мегаслоя приурочено большинство известных землетрясений (глубины 10...15 км). В этой связи изменения толщины инверсионного мегаслоя, его утонения или утолщения оказывают влияние на устойчивость или геодинамическую активность более "хрупкого" гранитно-метаморфического мегаслоя. Усиление активности мегаслоя, повышение скальвающих деформаций обусловлены уменьшением напряжения для участков коры между верхним и нижним мегаслоями. Эти явления, в частности, отмечаются на Урале, где повышенная сейсмичность наблюдается в районах увеличенной толщины зоны пониженных скоростей продольных волн в мегаслое между воздымающимся блоком верхней коры и мантийным прогибом, взаимосвязана с деформациями и напряженным состоянием коры и коррелирует с нарушенностью изостатического равновесия [1].

С зонами изменения толщины промежуточного мегаслоя и его утолщениями, обусловленными пульсационным нагнетанием материала, гидротерм и углеводородных флюидов, связаны землетрясения в Татарстане, в том числе Елабужское с известной глубиной гипоцентра (10 ± 2 км), а также Альметьевские землетрясения, тяготеющие к участкам максимальной толщины мегаслоя. Нагнетание материала инверсионного мегаслоя косвенно фиксируется относительными подъемами земной поверхности, а его отток — современными опусканиями. В частности, по результатам повторного нивелирования, проведенного АО "Татнефть" (июль 1992 г. — май 1993 г.), отмечался интенсивный подъем района г. Альметьевска с амплитудой 10...12 мм и шириной блока до 14 км, сопоставимого с размерами мантийного выступа. В последующий цикл (май—ноябрь 1993 г.) установлено опускание земной поверхности до 5 мм. В целом, за весь период наблюдений район г. Альметьевска испытывал подъем с амплитудой до 10 мм в год.

Для древних и молодых платформ отмечается связь между тектонической активностью недр и восходящей миграцией глубинных углеводородных флюидов. Перспективными являются зоны дегазации мантийной магмы, тяготеющие к бортам рифейских авлакогенов, узлам пересечения и сопряжения мантийных разломов, зонам глубинного разуплотнения и деструкции мегаслоев коры, характеризующимся повышенной трещиноватостью и раздробленностью пород. Восходящая миграция глубинных углеводородных флюидов по зонам разуплотнения и деструкции при наличии коллекторов и покрывшек приводит к формированию залежей нефти и газа в фундаменте, его коре выветривания и в осадочных комплексах пород.

При изучении керн и промыслово-геофизических материалов глубоких и сверхглубоких скважин в ряде нефтеносных бассейнов России (Западно-Сибирском,

Тимаю-Печорском, Волго-Уральском) на глубинах 4,5...5,5 км выявлена зона гравитационного уплотнения с уменьшением и стабилизацией свойств коллекторов порового типа. Глубже 5,0...5,5 км и вплоть до 8...9 км обосновано существование зоны глубинного разуплотнения, в которой отмечаются увеличение вторичной пустотности, улучшение фильтрационно-емкостных характеристик коллекторов за счет воздействия на породы иных физико-химических процессов, геолого-тектонических, литолого-петрографических и петрофизических факторов, чем для традиционных глубин развития коллекторов углеводородного сырья [11]. При этом основная роль в образовании глубинных коллекторов отводится геолого-тектоническому фактору, контролирующему вещественные и структурные особенности пород.

Перспективы нефтегазоносности пород фундамента и осадочного комплекса Волго-Камского региона связываются со средним (промежуточным) мегаслоем, которому свойственны интенсивная расчлененность, резкие изменения толщины (утолщения), обусловленные пульсационным нагнетанием материала, углеводородных флюидов, их миграцией с обновлением и раскрытием трещин, активизацией зон разгрузки. Исследованиями Р.П. Готтих и др. (1996) углеводородного состава экстрактов и нефти установлено, что битумоиды пород фундамента Миннибаевской, Ульяновской, Подгорной, Сулинской и Новоелховской площадей Татарстана являются следами восходящих флюидных систем, богатых углеводородной составляющей и принимающих непосредственное участие в формировании залежей нефти в осадочных отложениях. Активное проявление миграционных процессов отмечается, по данным сверхглубокого бурения, в районах увеличенной толщины инверсионного мегаслоя коры.

Крупные Ромашкинское и Новоелховское нефтяные месторождения Южно-Татарского свода приурочены к Альметьевской зоне максимальной толщины (до 16...17 км) среднего мегаслоя. Увеличение его толщины (до 14...16 км) отмечается в Туймазы-Бавлинской зоне, где выявлены Алексеевское, Бавлинское, Тат-Кандызское и Урус-Тамакское месторождения. В Актаныш-Муслимовской зоне повышенной (до 12...14 км) толщины инверсионного слоя установлено Актанышское нефтяное месторождение. В западных районах Татарстана подобные "раздувы" среднего мегаслоя коры (до 12...13 км) выявлены в Алексеевско-Кураловской зоне, к которой приурочены Бугровская и Горохово-Польская валобразные структуры. Шемордан-Красновидово-Шатрашанской зоне увеличенной (до 13...15 км) толщины среднего мегаслоя соответствуют Улеминская, Державинско-Пестречинская и Ковали-Чучинская структурные образования осадочных пород. Дубязско-Кайбицкая зона пока не охарактеризована (толщина мегаслоя 11...13 км). В ее пределах Е.Д. Войтовичем выделено структурное осложнение.

На Северо-Татарском своде выделяются северо-восточные Нижнекамско-Киясовская, Можгинская и

Уни-Юкамская, а на территории Камско-Бельского авлакогена — северо-западные Арланско-Ижевская и Дебесско-Глазовская зоны увеличенной толщины среднего мегаслоя коры. Большое количество месторождений нефти приурочено к Нижнекамско-Киясовской зоне (толщина мегаслоя 12...14 км) — Мельниковское, Бондюжское, Первомайское, Елабужское, Комаровское, Луговое, Орловское, Ново-Суксинское, Бикляное и др. В Можгинской зоне (толщина среднего мегаслоя 11...13 км) известны Шийское (+Берсутское), Архангельское и Южно-Люкское нефтяные месторождения. К Арланско-Ижевской зоне увеличенной (до 11...12 км) толщины мегаслоя приурочены крупное Арланское нефтяное месторождение, а также Кырькамское, Ломовское, Котовское, Ельниковское, Ончугинское, Азинское и Ижевское месторождения углеводородного сырья. В Дебесско-Глазовской зоне (толщина среднего мегаслоя до 13...15 км) выявлены многочисленные нефтяные месторождения, среди которых известны крупные Чутырско-Киенгопское, Мишкинское, Лиственское, Еснейское, Кабановское, Сундурско-Нязичское, Лозолукско-Зуринское, Красногорское, Кезское и др.

Перспективными для поисков углеводородов могут быть также Уни-Юкамская, Уржумско-Халтуринская, Светликовско-Рудничная, Ветлуга-Моломская, Шахунья-Пижемская, Советская, Сернурская, Санчурская и Козьмодемьянская зоны увеличенной толщины инверсионного мегаслоя. В этих зонах толщина мегаслоя достигает 10...12 км, а в некоторых из них — 12...14 км.

К зонам утолщения инверсионного мегаслоя коры часто приурочены кольцевые магнитные аномалии, которые выделяются в аномалиях полного горизонтального градиента магнитного поля. Локальные кольцевые магнитные аномалии фиксируются, в частности, в Альметьевской, Туймазы-Бавлинской, Актаныш-Муслимовской, Шемордан-Красновидово-Шатрашанской, Дубязско-Кайбицкой, Нижнекамско-Киясовской зонах "раздува" разуплотненного среднего мегаслоя консолидированной коры.

В связи с тем, что тяжелые металлы, в том числе магнетит, имеют низкую растворимость в водных растворах [18], в качестве основного флюида могут быть углеводороды, которые, по Томасу Голду [13], поднимаются к земной поверхности с глубин 150...300 км. При высоких давлениях и температурах металлы способны образовывать элементоорганические соединения с включением в их молекулы атомов углерода и водорода, а также, возможно, атомов азота и кислорода. Миграция глубинных флюидов из общего мантийного источника углеводородов и металлов сопровождается выносом элементоорганических соединений и обогащением нефтегазоносных толщ ванадием, никелем, ртутью, марганцем, кобальтом, хромом, молибденом, медью, цинком, серебром и др.

Большинство элементоорганических соединений растворимы в углеводородных нефтях, мигрирующих из глубин и обогащающихся элементами (металлами) из пород. Этот процесс селективен и спо-

собен локализовать руды определенных металлов рядом с другими элементами, так как углеводородные молекулы образуют элементоорганические соединения с избранными ими металлами. Разнообразие углеводородных молекул способствует селективности формирования залежей определенных металлов. Углеводородный поток влияет на процесс отбора определенной группы металлов, залегающих в непосредственной близости друг от друга в зависимости от их ответной реакции. Например, поток некоторого флюида выщелачивает из пород медь, а проникающие рядом углеводороды извлекают только платину. Поэтому нередко возникают ситуации, когда платина или вольфрам здесь, а золото или свинец там. Часто эти металлы разделены пространственно, а в непосредственной близости располагаются залежи свинца и цинка, золота и серебра и т. д.

При бактериальной деятельности, потребляющей углеводородные компоненты, часто остаются только атомы металлов в чистом виде [13]. Многие исследователи отмечают присутствие золота в породе с углеродом и связанного с золотом диоксида кремния, а кремний, как известно, обладает сходными свойствами с углеродом. Вместе с нефтью и смолистыми веществами часто в породах в виде сульфидной киновари присутствует ртуть, мигрирующая из глубин и связанная с гелием-3, образовавшимся в процессе формирования Земли.

Присутствие мелкодисперсного магнетита в природной нефти на глубинах более 5 км установлено при бурении структуры Сильян ринг (Siljan Ring, Швеция), где добыто 12 т такой смеси. Этой структуре отвечает кольцевая магнитная аномалия, источником которой является вскрытая бурением магнетитовая масса. Исследования природы "сильянского" магнетита позволили Томасу Голду [13] установить, что магнетит привнесен из мантии в виде элементоорганических соединений.

По аналогии с этой геологической структурой можно считать, что источник кольцевых магнитных аномалий на участках утолщения инверсионного мегаслоя — магнетит, привнесенный органическими соединениями из глубинных зон коры и мантии. Следовательно, зоны повышенной толщины среднего мегаслоя коры Волго-Камского региона перспективны для латеральной и вертикальной миграции углеводородов с локализацией их залежей в фундаменте и перекрывающих отложениях чехла.

ЛИТЕРАТУРА

1. Связь сейсмичности с некоторыми особенностями строения и развития Урала / А.Л. Алейников, О.В. Белавин, В.С. Дружинин и др. // Докл. РАН. — Т. 334, № 5. — 1994. — С. 632—634.
2. Булгаков В.Ю., Кавеев И.Х., Исмагилова Г.М. Изучение современных тангенциальных тектонических движений фундамента по данным геоморфологического анализа (на примере Южно-Татарского свода) // Структурная геология, геофизика и нефтегазоносность: Сб. статей. — Уфа: БНЦ УрО РАН, 1992. — С. 67—77.
3. Готтх Р.П., Лисоцкий Б.И. Эволюция восстановительных систем во времени, критерии их глубинности, участие в формировании углеводородных скоплений // Перспективы нефтегазоносности кристаллического фундамента на

территории Татарстана и Волго-Камского региона / Тр. науч.-практ. конф., посвященной 50-летию открытия девонской нефти Ромашкинского месторождения. — Казань: Новое знание, 1998. — С. 268—295.

4. Результаты исследования земной коры и верхней мантии в решении задач прогноза минерализации Северной Евразии / Б.В. Ермаков, В.А. Ерхов, Л.В. Ивановская и др. // Геофизика. — 1994. — № 5. — С. 51—56.
5. Эндогенные процессы и нефтегазоносность / И.Х. Кавеев, Р.Х. Муслимов, Э.И. Сулейманов и др. // Перспективы нефтегазоносности кристаллического фундамента на территории Татарстана и Волго-Камского региона / Тр. науч.-практ. конф., посвященной 50-летию открытия девонской нефти Ромашкинского месторождения. — Казань: Новое знание, 1998. — С. 204—209.
6. Краюшкин В.А. Мировой нефтегазовый потенциал с позиций его глубинного, абиотического, происхождения // Перспективы нефтегазоносности кристаллического фундамента на территории Татарстана и Волго-Камского региона: Тр. науч.-практ. конф., посвященной 50-летию открытия девонской нефти Ромашкинского месторождения. — Казань: Новое знание, 1998. — С. 210—216.
7. Кристаллический фундамент Татарстана и проблемы его нефтегазоносности / Под ред. Р.Х. Муслимова, Т.А. Латинской. — Казань: Дента, 1996. — 488 с.
8. Новые направления глубинного поиска залежей нефти и газа / А.А. Озол, И.Н. Плотникова, В.А. Трофимов и др. // Новые идеи поиска, разведки и разработки нефтяных месторождений: Тр. науч.-практ. конф. VII Международной выставки "Нефть, газ — 2000" (Казань, 5—7 сентября 2000 г.). — Казань: Экоцентр, 2000. — С. 145—150.
9. Павленкова Н.И. Развитие представлений о сейсмических моделях земной коры // Геофизика. — 1996. — № 4. — С. 11—19.
10. Плотникова И.Н. К вопросу о новых направлениях и методике поиска нефти и газа в кристаллическом фундаменте Татарстана // Перспективы нефтегазоносности кристаллического фундамента на территории Татарстана и Волго-Камского региона / Тр. науч.-практ. конф., посвященной 50-летию открытия девонской нефти Ромашкинского месторождения. — Казань: Новое знание, 1998. — С. 41—46.
11. Сиротенко Л.В. Глубинные нетрадиционные коллекторы — перспективный объект поисков залежей углеводородного сырья (по результатам сверхглубокого бурения) // Тез. докл. Междунар. геол. конф., посвященной 300-летию Горно-геологической службы России (Санкт-Петербург, 2—6 октября 2000 г.). CD. 2000. — Кн. 3. — С. 261—262.
12. Соколов В.Б. Изучение глубинного строения земной коры — новые подходы и новые проблемы // Перспективы нефтегазоносности кристаллического фундамента на территории Татарстана и Волго-Камского региона: Тр. науч.-практ. конф., посвященной 50-летию открытия девонской нефти Ромашкинского месторождения. — Казань: Новое знание, 1998. — С. 330—335.
13. Голд Т. Металлические руды и углеводороды // Перспективы нефтегазоносности кристаллического фундамента на территории Татарстана и Волго-Камского региона: Тр. науч.-практ. конф., посвященной 50-летию открытия девонской нефти Ромашкинского месторождения. — Казань: Новое знание, 1998. — С. 238—244.
14. Трофимов В.А. Сейсморазведка МОГТ при изучении строения докембрийского фундамента востока Русской плиты. — М.: Недра, 1994. — 90 с.
15. Трофимов В.А., Грунис Е.Б., Знаткова Г.Н. Результаты скважинных сейсмических исследований кристаллического фундамента и планы работ в сверхглубокой скважине 20009 // Тез. докл. науч.-техн. конф. — Альметьевск, 1988. — С. 12—16.
16. Хаин В.Е. Расслоенность Земли и многоярусная конвекция как основа подлинно глобальной геодинамической модели // Докл. АН СССР. — 1989. — Т. 308, № 6. — С. 1437—1440.
17. Шаров В.И. О новой трехслойной сейсмической модели континентальной коры // Геотектоника. — 1987. — № 4. — С. 19—30.
18. Krauskopf K. B. Introduction to geochemistry. — McGraw Hill Pub, 1982. — P. 395.